

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-319970

(43)Date of publication of application : 24.11.1999

---

(51)Int.Cl.

B21D 22/20  
B32B 15/01

---

(21)Application number : 10-155435

(71)Applicant : NISSHIN STEEL CO LTD

(22)Date of filing : 21.05.1998

(72)Inventor : DEN TATSUHIRO

NAKAMURA AKIHIRO

HARA KENJI

NAKAMOTO KAZUNARI

---

(54) FERRITIC STAINLESS STEEL/ALUMINUM CLAD PLATE EXCELLENT IN DEEP DRAWABILITY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a ferritic stainless steel/aluminum clad plate excellent in deep drawability.

SOLUTION: This ferritic stainless steel/aluminum clad plate consists of ferritic stainless steel in which the particle size number of the ferritic grain is between 7 and 10 and aluminum, and its bonding strength is  $\geq 20$  N/mm after the roll-bonding and the diffusion heat treatment are applied. The deep drawability can be improved by using the clad plate.

---

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

PAT-NO: JP411319970A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11319970 A

TITLE: FERRITIC STAINLESS STEEL/ALUMINUM CLAD PLATE EXCELLENT  
IN DEEP DRAWABILITY

PUBN-DATE: November 24, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
DEN, TATSUHIRO	N/A
NAKAMURA, AKIHIRO	N/A
HARA, KENJI	N/A
NAKAMOTO, KAZUNARI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NISSHIN STEEL CO LTD	N/A

APPL-NO: JP10155435

APPL-DATE: May 21, 1998

INT-CL (IPC): B21D022/20, B32B015/01

ABSTRACT:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a ferritic stainless steel/aluminum clad plate excellent in deep drawability.

**SOLUTION:** This ferritic stainless steel/aluminum clad plate consists of ferritic stainless steel in which the particle size number of the ferritic grain is between 7 and 10 and aluminum, and its bonding strength is  $\geq 20$  N/mm after the roll-bonding and the diffusion heat treatment are applied. The deep drawability can be improved by using the clad plate.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] Ferritic stainless steel / aluminum-clad plate excellent in the deep-drawing moldability characterized by the bonding strength after a ferritic grain size number's consisting of the ferritic stainless steel and aluminum of the range of 7 to 10 and performing diffusion heat treatment for this ferritic stainless steel and aluminum after rolling junction being 20Ns/mm or more.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to ferritic stainless steel / aluminum-clad plate excellent in a deep-drawing moldability, especially the cracking resistance near the punch shoulder of the ingredient in deep drawing with a big punch shoulder radius.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the clad plate which compounded the dissimilar metal with which properties differ is used in extensive fields, such as a kitchen supply, building materials, and electronic parts, as an ingredient which has each advantage. The ferritic stainless steel / aluminum-clad plate which was excellent in corrosion resistance and reinforcement, and combined the ferritic good ferritic-stainless-steel plate by induction heating and the thermally conductive good aluminum plate especially are widely used for the induction heating cooker application.

[0003] As the manufacture approach of ferritic stainless steel / aluminum-clad plate, although manufactured by various approaches, such as the diffused-junction approach and the rolling junction approach, as an approach of manufacturing a sheet metal clad plate efficiently, the rolling junction approach is used widely.

[0004] Generally, since the plate after rolling work hardens the clad plate after cold rolling junction and ductility is falling, softening is heat-treated after rolling, the ductility of a clad plate is recovered, but since the softening temperature of ferritic stainless steel is quite higher than the melting point of aluminum, softening is impossible for the case of ferritic stainless steel / aluminum-clad plate. Therefore, generally from a viewpoint of the workability of ferritic stainless steel / aluminum-clad plate, the approach of raising the ductility of the ferritic stainless steel / aluminum-clad plate after rolling junction as much as possible is performed using the elasticity possible ferritic stainless steel [ of a clad material ] ingredient. Therefore, in the ferritic-stainless-steel material of ferritic stainless steel / aluminum-clad plate application, the method of setting up finishing annealing temperature more highly and softening ferritic stainless steel is taken after cold-rolling to predetermined board thickness. Thus, as for the manufactured ferritic-stainless-steel material, ferrite crystal grain turns into coarse grain, and a ferrite grain size number (JISG0552) becomes less than six small thing. However, although an ingredient is elasticity, in deep-drawing shaping, especially the deformability of the clad plate in deep drawing as follows with a big punch shoulder radius is not enough.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The device which raises thermal efficiency comes to be called for as product configurations, such as an induction heating cooker in recent years, and the severe configuration of processing conditions came to be required. In order to enlarge the bend radii in the bending section from a base to the wall section, to be devised so that heat convection effectiveness may be raised and to secure content volume so that IH rice cooker inner kettle etc. may see especially, the configuration where a contraction ratio is high is demanded. In addition, a contraction ratio here means the ratio of the diameter of punch when performing draw forming, and the diameter of a blank (diameter

of the disc-like ingredient before a diaphragm).

[0006] In deep-drawing shaping with common ferritic stainless steel / aluminum-clad plate, the bonding strength of ferritic stainless steel and aluminum may be weak, and the crack in the bending section of a flange may become a problem. The method of raising a deep-drawing moldability by raising bonding strength which is looked at by JP,5-317983,A and JP,7-223081,A as this cure is indicated. It is the approach of fabricating controlling the deep-drawing force, while the former gives heat treatment here at the metal clad plate as a product, and the latter makes it a main point to reduce the oxide film of an interface at the time of cold rolling manufacture of a clad plate.

[0007] However, in deep-drawing shaping of a configuration with the big bend radii in the bending section from a base which is called for recently to the wall section, big punch of a punch shoulder radius is used and the crack in the punch shoulder equivalent section occurs in many cases. When the board thickness of a flange increases during deep-drawing shaping and inflow resistance inside a dice increases as a generating phenomenon of a crack, it becomes impossible for the big part of board thickness reduction of an ingredient to bear a shaping load, and a crack occurs. In the punch shoulder equivalent section, when a punch shoulder radius is large, since biaxial tension-bending deformation like stretch forming becomes large, board thickness reduction in this location becomes larger than other parts, and it becomes easy to generate a crack. Moreover, in deep-drawing shaping in the configuration where a contraction ratio is high, since the increment in inflow resistance of a flange becomes large, it further becomes easy to generate a crack. Thus, in order to apply ferritic stainless steel / aluminum-clad plate to deep-drawing shaping on severe conditions, only by raising the bonding strength of a clad plate interface which is indicated by the aforementioned patent official report, there is a limitation, shaping becomes unstable and there is a problem of being easy to generate a crack. For that, the ingredient behavior of the stainless steel plate in the condition that aluminum was joined itself is important, and it is necessary to clarify the conditions of proper stainless steel in considering as aluminum clad. The present condition is not found although this advanced technology is an important problem.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order that the ferritic stainless steel / aluminum-clad plate of this invention may raise a deep-drawing moldability, the grain-size number of ferrite crystal grain consists of the ferritic stainless steel and aluminum of the range of 7 to 10. Moreover, this clad plate is characterized by the bonding strength after performing diffusion heat treatment after rolling junction being 20Ns/mm or more.

[0009]

[Function] As a result of investigating the cause of generating of the crack in the case of performing deep-drawing shaping of ferritic stainless steel / aluminum-clad plate, especially deep-drawing shaping on severe conditions to which a punch shoulder radius becomes large, it became clear that effect was greatly received in the magnitude of the ferrite crystal grain of ferritic stainless steel. That is, it is greatly influenced by deep-drawing shaping of ferritic stainless steel / aluminum-clad plate at the quality of the material of ferritic stainless steel with high reinforcement. When ferrite crystal grain is a coarse grain ingredient in ferritic stainless steel, if strong processing is performed, the local vena contracta will be produced and it will become easy to produce surface deterioration. Although this local vena contracta is generated by the local elongation in the case of processing, when board thickness reduction is remarkable (board thickness reduction of a local neck becomes large in the more remarkable ingredient of surface deterioration), therefore its processing conditions are severe, in this local neck, it is easy to generate the crack on the basis of a local neck. Conversely, since the local vena contracta had arisen minutely, distortion distributed and board thickness reduction was controlled when the ferrite crystal grain of ferritic stainless steel is a fine grain ingredient, it became clear that it was hard that it comes to generate the crack at the time of processing. However, the ferritic stainless steel with which grain refining of the ferrite crystal grain was carried out too much is hard, and ductility falls. Especially, with ferritic stainless steel / aluminum-clad plate, after ferritic stainless steel is work hardened at the time of rolling junction, since softening is not made, ductility falls much more. Therefore, at the time of processing, it becomes easy to produce a crack with the lack of ductility. Thus, in deep-drawing shaping

of ferritic stainless steel / aluminum-clad plate, it became clear that the magnitude of the ferrite crystal grain of ferritic stainless steel had done big effect.

[0010] Next, the effect of the bonding strength exerted on the deep drawing of ferritic stainless steel / aluminum-clad plate is explained. In manufacture of the ferritic stainless steel / aluminum-clad plate of which severe workability, such as deep-drawing shaping, is required, when carrying out rolling junction of ferritic stainless steel and the aluminum, in order to control work hardening by strip processing of ferritic stainless steel, it is desirable to make rolling reduction small as much as possible, and to join. When rolling junction is carried out with small rolling reduction, depending on rolling junction conditions, bonding strength may become weak. With ferritic stainless steel / aluminum-clad plate with powerful bonding strength, even if it performs deep-drawing shaping, exfoliation does not occur, but with ferritic stainless steel / aluminum-clad plate with weak bonding strength, if deep-drawing shaping is performed, it is possible that the shearing stress generated in the interface of ferritic stainless steel and aluminum during shaping cannot be borne, exfoliation arises, and a crack occurs.

[0011] In order to examine how to strengthen bonding strength, paying attention to promoting the counter diffusion of the atom between metals and strengthening bonding strength, the effect of diffusion heat treatment after rolling junction was investigated. The result of having investigated the effect of the diffusion heat treatment temperature exerted on the bonding strength after rolling junction at drawing 1 is shown. Moreover, the T character friction test shown in drawing 2 as an approach of evaluating bonding strength was carried out. In addition, the experiment which investigated the effect of the diffusion heat treatment temperature exerted on the bonding strength in drawing 1 makes soak the holding time in diffusion heat treatment temperature for 30 minutes. Moreover, in the T character friction test of drawing 2, cut down the test piece with a width of face of 10mm from the board width center section of ferritic stainless steel / the aluminum-clad plate, after making ferritic stainless steel and aluminum exfoliate about 20mm beforehand, attached the tip of a test piece in the chuck of a tension tester, and ferritic stainless steel and aluminum were made to exfoliate with \*\*\*\* in a T character mold at the rate of 150 mm/min, respectively, the tension load at that time was converted into per width of face of a test piece, and it considered as bonding strength.

[0012] From the result of drawing 1, even if it carries out diffusion heat treatment temperature at low temperature from 200 degrees C, it is not mostly different from the bonding strength after rolling junction, but above 200 degrees C, if bonding strength becomes high and exceeds 500 degrees C rapidly, bonding strength will fall rapidly. Bonding strength becomes weak in order that an intermetallic compound hard [ to the interface of ferritic stainless steel and aluminum ] and weak against it may generate, if the spreading effect between metals starts above 200 degrees C and this exceeds 540 degrees C. Thus, ferritic stainless steel / aluminum-clad plate with powerful bonding strength can be manufactured by performing diffusion heat treatment.

[0013] Next, the existence of the exfoliation at the time of carrying out deep drawing of the ferritic stainless steel / the aluminum-clad plate with which diffusion heat treatment temperature is changed and bonding strength differs was investigated. One example of the result investigated to Table 1 is shown.

[0014]

[Table 1]

表1 深絞り加工時の剥離の有無

試験番号	拡散熱処理温度 ℃	接合強度 N/mm	剥離の有無
1	圧延接合まま	8. 4	剥離有り
2	165	11. 0	剥離有り
3	250	23. 5	剥離無し
4	330	53. 1	剥離無し
5	530	66. 5	剥離無し
6	550	5. 3	剥離有り

[0015] As shown in Table 1, when bonding strength is weak, in the case of deep drawing, exfoliation

occurs and it cannot fabricate. Therefore, in order to perform deep drawing without exfoliation, the bonding strength of 20Ns/mm or more is required, and it is desirable to perform diffusion heat treatment in a 200 to 540 degrees C temperature requirement.

[0016]

[Example] Some kinds of ingredients with which grain-size numbers differ in 5 to 12 were used as one material with the SUS430 stainless steel of a [example 1] ferrite system, and A1100 aluminum was used as clad material of another side. A grain-size number is JIS. It measured with the comparison method of G0552. Ferritic stainless steel and aluminum were piled up, it heated at 350 degrees C, rolling junction was carried out, and the ferritic stainless steel / aluminum-clad plate of 1.5mm of board thickness (ferritic stainless steel: 0.5mm, aluminum: 1.0mm) were manufactured.

[0017] When the manufactured ferritic stainless steel/clad plate were investigated by the T character friction test, it was bonding strength strong in mm and 30Ns /. The ingredient which carried out the blanking of this the ferritic stainless steel/clad plate performed the shaping test. A punch shoulder radius is 50mm in 200mm, and, as for the punch used for shaping, the diameter used the thing of severe processing conditions in the processing configuration where an overhang element is strong. Moreover, as for the dice, the bore used the dice with a shoulder radius of 10mm by 202.9mm. In order to see the effect of a contraction ratio, after setting the diameter of a blank to 320 to 440mm and applying lubricant to both sides of a plate, it turned on the aluminum side punch-side, and deep-drawing shaping was performed by 2 the 4Ns [/mm ] blank holder force.

[0018] The propriety result of shaping in case a grain-size number differs from a contraction ratio in drawing 3 is shown. O It can fabricate and a crack occurs [ x ]. When it is less than [ with a low contraction ratio ] 1.8, deep-drawing shaping is possible for any ingredient of a grain-size number, but when a contraction ratio becomes high or more with 1.8 and a grain-size number is larger than less than 7 and 10, the crack has occurred. When a grain-size number is small, it is observed that the surface deterioration in the punch shoulder equivalent section is large, and board thickness reduction is large, and a crack occurs in the midst of deep-drawing shaping with the local vena contracta of ferritic stainless steel as the starting point. When a grain-size number was large, it was observed that surface deterioration is small and board thickness reduction is small, and the cause of a crack was what is depended on the lack of ductility.

[0019] Therefore, by using the ferritic stainless steel / aluminum-clad plate manufactured with the ferritic stainless steel which the grain-size number of ferrite crystal grain regulated from 7 to 10 like this invention, and aluminum, a punch shoulder radius is large and deep-drawing shaping of it on the conditions that a contraction ratio is as severe as [ or more ] 1.8 is attained.

[0020] The [example 2] grain-size number used SUS430 stainless steel of the ferrite system which is three kinds, 6, 9, and 12, as one material, and carried out cold rolling junction of the A1100 aluminum as a clad material of another side. When the obtained ferritic stainless steel / aluminum-clad plate were investigated by the T character friction test, bonding strength was weak in mm and 8.4Ns /. After performing diffusion heat treatment at the temperature of 150 to 550 degrees C, the blanking of this the ferritic stainless steel / aluminum-clad plate was carried out to the diameter of 400mm, and deep-drawing shaping was performed. As a process condition, it considered as severe conditions using the same punch as an example 1, and a dice. After applying lubricant to both sides of a plate, it turned on the aluminum side punch-side, and deep-drawing shaping was performed by 2 the 4Ns [/mm ] blank holder force.

[0021] The deep-drawing shaping result of the diffusion heat treatment temperature and bonding strength after rolling junction is shown in Table 2.

[0022]

[Table 2]

表2 拡散熱処理温度と深絞り成形性の関係

試験 番号	粒度 番号	拡散熱処理温度 ℃	接合強度 N/mm	成形結果	備考
1	6	圧延接合まま	8.4	剥離	比較例
2	6	165	11.0	剥離	
3	6	250	23.5	割れ	
4	6	330	53.1	割れ	
5	6	550	5.3	剥離	
6	9	圧延接合まま	8.4	剥離	
7	9	165	11.0	剥離	実施例
8	9	250	23.5	成形可能	
9	9	330	53.1	成形可能	
10	9	550	5.3	剥離	比較例
11	12	圧延接合まま	8.4	剥離	
12	12	165	11.0	剥離	
13	12	250	23.5	割れ	
14	12	330	53.1	割れ	
15	12	550	5.3	剥離	

[0023] A test number was not concerned with diffusion heat treatment temperature in the conditions [ number / of 1 to 5 / grain-size ] using the ferritic stainless steel of 6, but exfoliation and a crack occurred. Ferrite crystal grain is coarse grain, it is observed that the surface deterioration in the punch shoulder equivalent section is large, and board thickness reduction is large, and a crack generates this in the midst of deep-drawing shaping with the local vena contracta of ferritic stainless steel as the starting point.

[0024] On condition that test numbers 6 and 7, bonding strength is less than 20Ns/mm, and exfoliation occurred at the time of shaping. The bonding strength which is this invention was 20Ns/mm or more, and in the case of the conditions of the test numbers [ number / grain-size ] 8 and 9 using the ferritic stainless steel of 9, exfoliation was not generated, either, but it was able to be fabricated. When the test number whose diffusion heat treatment temperature a grain-size number is 550 degrees C using the ferritic stainless steel of 9 was 10, the alloy layer hard [ to the interface of ferritic stainless steel and aluminum ] and weak against it occurred, and since bonding strength fell in mm and 5.3Ns /, exfoliation arose during shaping.

[0025] Moreover, in the conditions [ test number / number / of 11 to 15 / grain-size ] using the ferritic stainless steel of 12, exfoliation and a crack occurred and it was not able to fabricate. Since the grain-size number of ferrite crystal grain was larger than it was observed that there is little surface deterioration and board thickness reduction is small as a cause of a crack, it was what is depended on ductility having run short.

[0026] Therefore, the grain-size number of ferrite crystal grain consists of the ferritic stainless steel and aluminum of the range of 7 to 10 like this invention, a punch shoulder radius is large and deep-drawing shaping of it on the conditions that a contraction ratio is high is attained because T character peel strength uses ferritic stainless steel 20Ns [ /mm ] or more / aluminum-clad plate.

[0027]

[Effect of the Invention] The grain-size number of ferrite crystal grain consists of the ferritic stainless steel and aluminum of the range of 7 to 10, and a deep-drawing moldability improves by using the ferritic stainless steel / aluminum-clad plate characterized by bonding strength being 20Ns/mm or more.

[Translation done.]



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-319970

(43)公開日 平成11年(1999)11月24日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

B 2 1 D 22/20

B 2 1 D 22/20

G

B 3 2 B 15/01

B 3 2 B 15/01

B

審査請求 未請求 請求項の数1 F D (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平10-155435

(22)出願日 平成10年(1998) 5月21日

(71)出願人 000004581

日新製鋼株式会社

東京都千代田区丸の内3丁目4番1号

(72)発明者 俣 達博

兵庫県尼崎市鶴町1番地 日新製鋼株式会  
社技術研究所内

(72)発明者 中村 明博

兵庫県尼崎市鶴町1番地 日新製鋼株式会  
社技術研究所内

(72)発明者 原 健治

兵庫県尼崎市鶴町1番地 日新製鋼株式会  
社技術研究所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 深絞り成形性に優れたフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板

(57)【要約】

【課題】 深絞り成形性に優れたフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板を提供する。

【解決手段】 本発明のフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板は、その目的を達成するため、フェライト結晶粒の粒度番号が7から10の範囲のフェライト系ステンレス鋼とアルミニウムからなり、接合強度が20N/mm以上であることを特徴とする。

【効果】 フェライト結晶粒の粒度番号が7から10の範囲のフェライト系ステンレス鋼とアルミニウムからなる構成であり、接合強度が20N/mm以上であることを特徴とするフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板を用いることで深絞り成形性が向上する。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 フェライト結晶粒度番号が7から10の範囲のフェライト系ステンレス鋼とアルミニウムからなり、該フェライト系ステンレス鋼とアルミニウムとを圧延接合後に拡散熱処理を施した後の接合強度が20N/mm以上であることを特徴とする深絞り成形性に優れたフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、深絞り成形性、とくにパンチ肩半径の大きな深絞り加工での材料のパンチ肩付近での耐割れ性に優れたフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、特性の異なる異種金属を複合したクラッド板は、それぞれの長所を兼ね備えた材料として厨房用品、建材、電子部品等の広範な分野で使用されている。なかでも、耐食性及び強度に優れ誘導加熱による発熱性の良いフェライト系ステンレス鋼板と熱伝導性の良好なアルミニウム板とを組み合わせたフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板は、電磁調理器用途に広く用いられている。

【0003】フェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板の製造方法としては、拡散接合方法や圧延接合方法等様々な方法で製造されているが、薄板クラッド板を効率良く製造する方法としては、圧延接合方法が広く用いられている。

【0004】一般に冷間圧延接合後のクラッド板は、圧延後の板が加工硬化して延性が低下しているために、圧延後に軟化焼鈍の熱処理を施し、クラッド板の延性を回復させているが、フェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板の場合は、フェライト系ステンレス鋼の軟化焼鈍温度がアルミニウムの融点よりかなり高いため、軟化焼鈍が不可能である。そのためフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板の加工性の観点から、クラッド素材のフェライト系ステンレス鋼はできるだけ軟質な材料を用い、圧延接合後のフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板の延性をできるだけ高める方法が一般的に行われている。そのためフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板用途のフェライト系ステンレス鋼素材においては、所定の板厚に冷間圧延後、仕上げ焼鈍温度を高めに設定してフェライト系ステンレス鋼を軟化させる方法がとられている。このようにして製造されたフェライト系ステンレス鋼素材はフェライト結晶粒が粗粒となり、フェライト粒度番号(JIS G0552)は、6未満の小さいものとなる。しかし、材料は軟質であるにも拘わらず、深絞り成形において、とくに下記のようにパンチ肩半径の大きな深絞り加工でのクラッド材の変形能は十分ではない。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】近年の電磁調理器等の製品形状としては、熱効率を高める工夫が求められるようになり、加工条件の厳しい形状が要求されるようになった。特にIH炊飯器内釜等に見られるように、底面から縦壁部に至る曲げ部での曲げ半径を大きくし、熱対流効率を高めるように工夫されており、かつ内容積を確保するために絞り比の高い形状が要求されている。なお、ここでいう絞り比とは、絞り成形を行うときのパンチ径とブランク径(絞り前の円盤状の材料の直径)との比をいう。

【0006】フェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板は一般的な深絞り成形ではフェライト系ステンレス鋼とアルミニウムの接合強度が弱く、フランジの曲げ部での割れが問題になることがある。この対策として、特開平5-317983号や特開平7-223081号に見られるような接合強度を高めることで深絞り成形性を向上させる方法が開示されている。ここに、前者は製品としての金属クラッド板に熱処理を付与するとともに深絞り力を制御しつつ成形する方法であり、後者はクラッド板の冷間圧延製造時に界面の酸化膜を低減させることを骨子とするものである。

【0007】しかし、最近求められるような底面から縦壁部に至る曲げ部での曲げ半径の大きな形状の深絞り成形では、パンチ肩半径の大きなパンチが用いられ、パンチ肩相当部での割れが発生することが多い。割れの発生現象としては、深絞り成形中にフランジ部の板厚が増加し、ダイス内部への流入抵抗が増加することにより、材料の板厚減少の大きな部分が成形荷重に耐えられなくなり割れが発生する。パンチ肩半径の大きい場合は、パンチ肩相当部では張り出し成形のような2軸引張曲げ変形が大きくなるため、この位置での板厚減少が他の部分より大きくなり割れが発生しやすくなる。また、絞り比の高い形状での深絞り成形ではフランジ部の流入抵抗の増加が大きくなるため更に割れが発生しやすくなる。このように厳しい条件でフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板を深絞り成形に適用するには、前記の特許公報に開示されているようなクラッド板界面の接合強度を高めるだけでは限界があり、成形が不安定となり割れが発生しやすいという問題がある。このためには、アルミニウムが接合された状態でのステンレス鋼板の材料挙動そのものが重要であり、アルミニウムクラッドとすることについて適正なステンレス鋼の条件を明らかにする必要がある。かかる先行技術は重要な問題であるにもかかわらず、見当たらないのが現状である。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明のフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板は、深絞り成形性を高めるため、フェライト結晶粒の粒度番号が7から10の範囲のフェライト系ステンレス鋼とアルミニウムとで構成される。また、該クラッド板は、圧延接合後に拡

散熱処理を施した後の接合強度が20N/mm以上であることを特徴とする。

【0009】

【作用】フェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板の深絞り成形、特にパンチ肩半径が大きくなるような厳しい条件での深絞り成形を行う場合の割れの発生原因を調査した結果、フェライト系ステンレス鋼のフェライト結晶粒の大きさに大きく影響を受けることが判明した。すなわち、フェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板の深絞り成形には、強度の高いフェライト系ステンレス鋼の材質に大きく影響されている。フェライト系ステンレス鋼においてフェライト結晶粒が粗粒な材料の場合は、強加工を行うと局部的なくびれを生じ、肌荒れが生じやすくなる。この局部くびれは加工の際の局部伸びによって発生するが、この局部くびれ部では板厚減少が著しく（肌荒れの著しい材料ほど局部くびれ部の板厚減少が大きくなる）、そのため加工条件の厳しい場合には、局部くびれ部を起点とした割れが発生しやすい。逆にフェライト系ステンレス鋼のフェライト結晶粒が細粒な材料の場合は、局部くびれが微細に生じており歪みが分散して板厚減少が抑制されるために、加工時の割れが発生しにくくなることが判明した。しかし、フェライト結晶粒があまりにも細粒化されたフェライト系ステンレス鋼は硬くて延性が低下する。特にフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板では、圧延接合時にフェライト系ステンレス鋼が加工硬化された後、軟化焼鈍ができないために一段と延性が低下する。そのため加工時には延性不足により割れが生じやすくなる。このようにフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板の深絞り成形においては、フェライト系ステンレス鋼のフェライト結晶粒の大きさが大きな影響を及ぼしていることが判明した。

【0010】次にフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板の深絞り加工に及ぼす接合強度の影響について説明する。深絞り成形等の厳しい加工性を要求されるフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板の製造において、フェライト系ステンレス鋼とアルミニウムを圧延接合する場合は、フェライト系ステンレス鋼の圧延加工による加工硬化を抑制するためにできるだけ圧下率を小さくして接合するのが好ましい。小さな圧下率で圧延接合した場合、圧延接合条件によっては接合\*

\*強度が弱くなる場合がある。接合強度の強いフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板では深絞り成形を行っても剥離が発生することはないが、接合強度の弱いフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板では深絞り成形を行えば成形中にフェライト系ステンレス鋼とアルミニウムとの界面で発生するせん断応力に耐えられなく剥離が生じて割れが発生することが考えられる。

【0011】接合強度を強くする方法を検討するため、金属間での原子の相互拡散を促進させて接合強度を強めることに着目して、圧延接合後の拡散熱処理の影響を調査した。図1に圧延接合後の接合強度に及ぼす拡散熱処理温度の影響を調査した結果を示す。また、接合強度を評価する方法として図2に示すT字剥離試験を実施した。なお、図1における接合強度に及ぼす拡散熱処理温度の影響を調査した実験は、拡散熱処理温度での保持時間を30分均熱としたものである。また、図2のT字剥離試験においては、フェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板の板幅中央部より幅10mmの試験片を切り出し、試験片の先端を予め20mmほどフェライト系ステンレス鋼とアルミニウムを剥離させた後、引張試験機のチャックに取り付け、フェライト系ステンレス鋼とアルミニウムをそれぞれ150mm/minの速度でT字型に引張ながら剥離させ、その時の引張荷重を試験片の幅当たりに換算して接合強度とした。

【0012】図1の結果より、拡散熱処理温度は200℃より低温で実施しても圧延接合後の接合強度とはほぼ変わらないが、200℃以上では急激に接合強度が高くなり、500℃を超えると接合強度は急激に低下する。これは200℃以上で金属間の拡散効果が始まり、540℃を超えるとフェライト系ステンレス鋼とアルミニウムの界面に硬くて脆い金属間化合物が生成するため接合強度が弱くなる。このように、拡散熱処理を行うことにより接合強度の強いフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板を製造することができる。

【0013】次に、拡散熱処理温度を変えて接合強度の異なるフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板を深絞り加工した際の剥離の有無を調査した。表1に調査した結果の1例を示す。

【0014】

【表1】

表1 深絞り加工時の剥離の有無

試験番号	拡散熱処理温度 ℃	接合強度 N/mm	剥離の有無
1	圧延接合まま	8.4	剥離有り
2	165	11.0	剥離有り
3	250	23.5	剥離無し
4	330	53.1	剥離無し
5	530	66.5	剥離無し
6	550	5.3	剥離有り

【0015】表1に示すように接合強度が弱い場合は深※50※絞り加工の際に剥離が発生し成形が不可能である。その

ため剥離無しで深絞り加工を行うためには20N/mm以上の接合強度が必要であり、200℃から540℃の温度範囲で拡散熱処理を行うことが好ましい。

#### 【0016】

【実施例】【実施例1】フェライト系のSUS430ステンレス鋼で粒度番号が5から12の範囲で異なる数種類の材料を一方の素材とし、A1100アルミニウムを他方のクラッド素材とした。粒度番号はJIS G0552の比較法にて測定した。フェライト系ステンレス鋼とアルミニウムを重ね合わせて350℃に加熱して圧延接合し、板厚1.5mm（フェライト系ステンレス鋼：0.5mm、アルミニウム：1.0mm）のフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板を製造した。

【0017】製造したフェライト系ステンレス鋼／クラッド板をT字剥離試験で調査したところ、30N/mmと強い接合強度であった。このフェライト系ステンレス鋼／クラッド板をブランピングした材料で成形テストを行った。成形用に用いたパンチは直径が200mmでパンチ肩半径が50mmであり、張り出し要素が強い加工形状で厳しい加工条件のものをを用いた。また、ダイスは内径が202.9mmで肩半径10mmのダイスを用いた。絞り比の影響をみるためブランク径を320mmから440mmとし、板の両面に潤滑材を塗布した後、アルミニウム側をパンチ側とし、しわ押さえ力4N/mm<sup>2</sup>で深絞り成形を行った。

【0018】図3に粒度番号と絞り比が異なる場合の成形の可否結果を示す。○が成形可能であり、×が割れが発生したものである。絞り比が低い1.8未満の場合はいずれの粒度番号の材料でも深絞り成形が可能である

が、絞り比が1.8以上と高くなる場合は粒度番号が7\*30

\*未満と10より大きい場合に割れが発生している。粒度番号が小さい場合はパンチ肩相当部での肌荒れが大きく板厚減少が大きいことが観察され、深絞り成形の最中にフェライト系ステンレス鋼の局部くびれを起点として割れが発生したものである。粒度番号の大きい場合は、肌荒れが小さく板厚減少が小さいことが観察され、割れの原因は延性不足によるものであった。

【0019】従って、本発明の様にフェライト結晶粒の粒度番号が7から10に規制したフェライト系ステンレス鋼とアルミニウムで製造されたフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板を用いることで、パンチ肩半径が大きく、絞り比が1.8以上と厳しい条件での深絞り成形が可能となる。

【0020】【実施例2】粒度番号が6, 9, 12の3種類のフェライト系のSUS430ステンレス鋼を一方の素材とし、A1100アルミニウムを他方のクラッド素材として冷間圧延接合した。得られたフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板をT字剥離試験で調査したところ、接合強度は8.4N/mmと弱いものであった。このフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板を150℃から550℃の温度で拡散熱処理を行った後、直径400mmにブランピングして深絞り成形を行った。成形条件としては、実施例1と同じパンチ、ダイスを用い厳しい条件とした。板の両面に潤滑材を塗布した後、アルミニウム側をパンチ側として、しわ押さえ力4N/mm<sup>2</sup>で深絞り成形を行った。

【0021】表2に圧延接合後の拡散熱処理温度と接合強度に対する深絞り成形結果を示す。

#### 【0022】

【表2】

表2 拡散熱処理温度と深絞り成形性の関係

試験番号	粒度番号	拡散熱処理温度℃	接合強度N/mm	成形結果	備考
1	6	圧延接合まま	8.4	剥離	比較例
2	6	165	11.0	剥離	
3	6	250	23.5	割れ	
4	6	330	53.1	割れ	
5	6	550	5.3	剥離	
6	9	圧延接合まま	8.4	剥離	
7	9	165	11.0	剥離	実施例
8	9	250	23.5	成形可能	
9	9	330	53.1	成形可能	
10	9	550	5.3	剥離	
11	12	圧延接合まま	8.4	剥離	
12	12	165	11.0	剥離	
13	12	250	23.5	割れ	比較例
14	12	330	53.1	割れ	
15	12	550	5.3	剥離	

【0023】試験番号が1から5の粒度番号が6のフェライト系ステンレス鋼を用いた条件においては、拡散熱処理温度に関わらず、剥離及び割れが発生した。これはフェライト結晶粒が粗粒であり、パンチ肩相当部での肌※50

※荒れが大きく板厚減少が大きいことが観察され、深絞り成形の最中にフェライト系ステンレス鋼の局部くびれを起点として割れが発生したものである。

【0024】試験番号6, 7の条件では接合強度が20

7

N/mm未満であり、成形時に剥離が発生した。本発明である接合強度が20N/mm以上で、かつ粒度番号が9のフェライト系ステンレス鋼を用いた試験番号8、9の条件の場合は、剥離も発生せず成形が可能であった。粒度番号が9のフェライト系ステンレス鋼を用いて、拡散熱処理温度が550℃の試験番号が10の場合は、フェライト系ステンレス鋼とアルミニウムとの界面に硬くて脆い合金層が発生し、接合強度が5.3N/mmと低下したため成形中に剥離が生じた。

【0025】また、試験番号が11から15の粒度番号が12のフェライト系ステンレス鋼を用いた条件においては、剥離及び割れが発生し成形が不可能であった。割れの原因としては、肌荒れが少なく板厚減少が小さいことが観察されたことより、フェライト結晶粒の粒度番号が大きいため延性が不足したことによるものであった。

【0026】従って、本発明の様にフェライト結晶粒の粒度番号が7から10の範囲のフェライト系ステンレス鋼とアルミニウムからなり、T字剥離強度が20N/m

8

m以上のフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板を用いることで、パンチ肩半径が大きく、絞り比の高い条件での深絞り成形が可能となる。

【0027】

【発明の効果】フェライト結晶粒の粒度番号が7から10の範囲のフェライト系ステンレス鋼とアルミニウムからなり、接合強度が20N/mm以上であることを特徴とするフェライト系ステンレス鋼／アルミニウムクラッド板を用いることで深絞り成形性が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 圧延接合後の接合強度に及ぼす拡散熱処理温度の影響

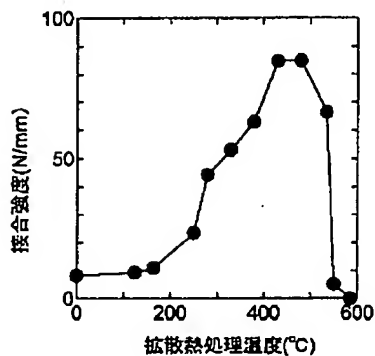
【図2】 T字剥離試験の概略図

【図3】 深絞り成形可否に対する粒度番号および絞り比の影響

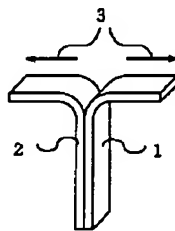
【符号の説明】

1：ステンレス鋼、2：アルミニウム、3：引張荷重

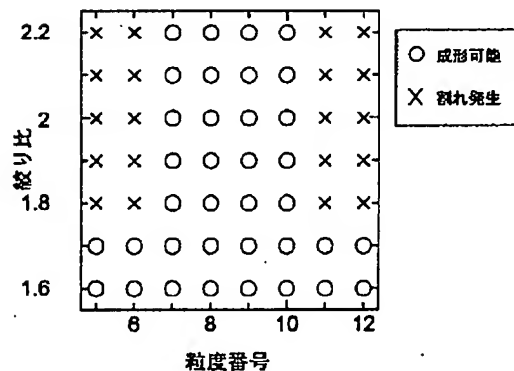
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 中本 一成

兵庫県尼崎市鶴町1番地 日新製鋼株式会社  
技術研究所内